



- (84) Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Einrichtung zur Übertragung optischer Signale mit  
verbesserten Übertragungseigenschaften**

5

Beschreibung

10 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Übertragung  
optischer Signale mit zumindest einem Wellenleiter, der einen  
dotierten Bereich aufweist, in welchen ein Material  
eingebracht ist, welches zur Verstärkung optischer Signale  
geeignet ist.

15

In der optischen Nachrichten- und Übertragungstechnik treten  
bei der Signalübertragung häufig Absorptionen auf, welche  
über einen vorgegebenen spektralen Bereich verschieden sind  
oder sich sogar zeitlich in deren spektralen Eigenschaften  
20 ändern können. Hierbei kann es jedoch zu  
Übertragungsverlusten kommen, welche häufig durch eine  
einfache lineare Verstärkung aller Spektralbereiche nicht  
mehr zu korrigieren sind. Selbst wenn versucht würde, die  
Signale vor deren Übertragung äußerst hoch zu verstärken  
25 können insbesondere nichtlineare Phänomene in zu stark  
verstärkten spektralen Bereichen wiederum zu Verlusten der  
Übertragungsqualität führen.

Die EP 0488 266 B1 beschreibt einen optischen Koppler für eine Vielzahl optischer Fasern, bei welchem ein verstärkendes Material in der Nähe eines in dessen Durchmesser reduzierten Claddings oder Mantel des Wellenleiters angeordnet wird. Hierdurch kann eine Verstärkung der in der Faser übertragenen optischen Signale erfolgen. Die spektralen Eigenschaften dieser Verstärkung sind jedoch von dem verstärkenden Material abhängig und hierdurch für dessen spätere Anwendung dauerhaft festgelegt und können nicht für jede Anwendung optimale Bedingungen gewährleisten.

In der EP 0 527 265 wird ein optischer Glasfaserverstärker mit einem ersten Verstärkungsfaserabschnitt innerhalb einer Faser mit einem Einzelmodenkern und einer lichtdämpfenden Einrichtung beschrieben, welche in Signalausbreitungsrichtung hintereinander angeordnet sind und voneinander verschiedene spektrale Absorptionseigenschaften aufweisen. Hierdurch soll eine Verstärkung innerhalb des Glasfaserverstärkers ermöglicht werden, welche im wesentlichen nur Signalanteile verstärkt. Nachteilig ist dieser Anordnung jedoch, daß durch die serielle bzw. Hintereinander-Anordnung der verstärkenden Elemente auch absorbierende spektrale Anteile hintereinander geschaltet werden und somit sowohl zusätzliche Absorptionen auftreten als auch eine Verlängerung der Übertragungsstrecke stattfindet.

Die EP 0 522 201 lehrt, das Verstärkungsspektrum eines Faserverstärkers mit einem Einzelmodenkern durch eine lichtdämpfende Glasfasereinrichtung derart zu beeinflussen, daß die optische Leistung bei einer Signalwellenlänge im wesentlichen nicht beeinflußt wird aber dennoch in anderen spektralen Bereichen eine Dämpfung stattfindet. Nachteilig

ist bei derartigen Faserverstärkern mit Einzelmodenkern jedoch, daß im wesentlichen nur festgelegte, nicht beeinflussbare Verstärkungsspektren realisierbar sind, welche momentane Änderungen nicht berücksichtigen können.

5

Es wurden gemäß der US 5,993,552 A bereits Anstrengungen unternommen, durch eine spektral angepaßte Dämpfung von Eingangssignalen eines optischen Verstärkers Ausgangssignale des Verstärkers zu erzeugen, die ein verbessertes spektrales Verhalten aufweisen. Jedoch verschlechtert eine Dämpfung von Eingangssignalen generell die Signalqualität, insbesondere die Bitfehlerrate, so daß derartige Konzepte, gerade dann, wenn bereits nur noch schwache Signale vorhanden sind, etwa bei der langreichweitigen Übertragung optischer Signale, eher unerwünscht sind. Nachteilig ist dieser Vorgehensweise auch, daß durch eine stärkere Schwächung von intensiveren Signalanteilen und deren nachträglich höhere Verstärkung alle Störsignalanteile auch eine höhere Verstärkung erfahren.

20 Ferner sind optische Demultiplexer und Multiplexer Schlüsselbauelemente optischer Frequenzmultiplex- (OFDM) und Wellenlängenmultiplex- (WDM) Kommunikationssysteme und werden beispielsweise beschrieben in W. J. Tomlinson "Wavelength multiplexing in multimode optical fibers", Appl. Opt. 16, pp. 2180-2194 (1977), in Y. Ishii and T. Kubota "Wavelength demultiplexer in multimode fiber that uses optimized holographic optical elements", Appl. Opt. 32, pp. 4415-4422, (1993) und in S. Sasaki, K. Sekine and N. Kikuchi "Wavelength division-multiplexing transmission technologies" IOOC'95, 30 ThC3-3, pp. 80-81 (1995).

Eine besonders bevorzugte Klasse optischer signalübertragender Einrichtungen umfasst Arrayed Waveguide

Grating (AWG) Strukturen, die nachfolgend abgekürzt als AWGs bezeichnet werden und welche beispielsweise beschrieben sind in US 5,136,671 A, erteilt für Dragone, 1992; US 5,243,672 A, erteilt für Dragone, 1993; US 5,440,416, erteilt für Colien  
5 et al., 1995; M. K. Smit, "New focusing and dispersive planar component based on an optical phased array" Electron. Lett., pp. 385-386, 1988; C. Dragone, "Efficient NxN Star Couplers using Fourier Optics" IEEE J. Lightwave Technol. 7, pp. 479-489, 1989.

10

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Einrichtung zur Übertragung optischer Signale bereitzustellen, bei welcher die Signalqualität beim Durchlaufen dieser  
Einrichtung möglichst wenig verschlechtert und insbesondere  
15 die Bitfehlerrate der übertragenen Signale möglichst wenig erhöht wird, welche darüber hinaus insbesondere flexibel an sich ändernde Signalbedingungen, wie beispielsweise die Signalintensität und die spektralen Eigenschaften des Signals anpassbar sind.

20

Es besteht ferner der Wunsch, neben einer möglichst guten Signalübertragung polarisationsarme, kompakte und preisgünstige Bauelemente zur Verfügung zu haben.

25

Eine besonders vorteilhafte Lösung dieser Aufgabe wird bereits mit einer optischen Einrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht. Eine weiter höchst vorteilhafte Lösung dieser Aufgabe ergibt sich durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 8.

30

Durch die vordefinierte Absorption des verstärkenden Materials der Einrichtung gemäß Anspruch 1 kann eine nahezu optimale Übertragung von optischen Eingangssignalen in einem

weiten Bereich der Eingangslichtintensitäten, insbesondere in Abhängigkeit von deren spektralen Eigenschaften erfolgen. Ist etwa ein spektraler Anteil eines Eingangssignals sehr schwach, so kann durch Steuerung der Pumplichtintensität dieses Signal ohne weitere Verluste einzubringen bereits so an dessen Eingangsintensität angepaßt verstärkt werden, daß nach Verstärkung die gewünschte Intensität vorliegt ohne daß eine irgendwie geartete Schwächung der Signalintensität auftreten muß.

10

Ist eine andere spektrale Komponente eines Eingangssignals etwas stärker, so kann in diesem spektralen Bereich eine etwas geringere Verstärkung erfolgen, ebenfalls im wesentlichen ohne eine Verschlechterung der Übertragungsqualität, wie etwa der Bitfehlerrate.

15

Ist jedoch ein spektraler Anteil eines Eingangssignals bereits zu stark in dessen Intensität für die weitere Übertragungsstrecke, so kann das verstärkende Material in Abwesenheit oder nur geringer Anwesenheit von Pumplicht eine definierte Absorption erzeugen, bei welcher weniger Rauschphotonen am Ausgang der Übertragungsstrecke eingebracht werden als bei einer vorher der Verstärkung erfolgenden starken Abschwächung, wie diese aus dem Stand der Technik bekannt ist.

25

Somit lassen sich beispielsweise mit einem Verstärker wie dieser in Anspruch 8 definiert ist, extrem breitbandige Verstärker mit spektral hochselektiv einstellbarem Verhalten vorteilhaft verwirklichen.

30

Bevorzugte Werte der Absorption betragen ohne Einstrahlung von Pumplicht 0,1 bis 10 dB/cm besonders bevorzugte Werte der

Absorption betragen 0,5 bis 5 dB/cm und die am meisten bevorzugte Werte der Absorption betragen 1 bis 3 dB/cm.

Wenn der Wellenleiter darüber hinaus Teil eines AWG  
5 (Arrayed Waveguide Grating) ist, können hiermit die spektralen Eigenschaften des AWG auch in selektiver Weise bzw. für schmalbandige spektrale Transmissionskurven vorteilhaft beeinflußt werden.

10 Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist eine Vielzahl von Armen des AWG einen dotierten Bereich auf, welcher ein Material umfaßt das zur Verstärkung optischer Signale geeignet ist, und ist den dotierten Bereichen jeweils eine Pumplichtquelle zugeordnet, so daß jeder Arm des AWG  
15 eigenständig als Verstärkungs- oder Dämpfungsglied nutzbar ist.

Hierdurch wird eine besonders vorteilhafte optische Einrichtung zur Verfügung gestellt, welche eine spektral  
20 einstellbare Verstärkung oder Dämpfung umfasst.

Wenn jedem Wellenleiter eine Monitordiode zugeordnet ist, welche die Lichtintensität nach zumindest einem Teil des dotierten Bereichs erfaßt, kann hierdurch eine aktive  
25 Regelung dieser Verstärkungsstrecke vorgenommen werden.

In vorteilhafter Weise ist die Pumplichtleistung basierend auf der mit der Monitordiode erfassten Lichtintensität einstellbar und können derart vordefinierte  
30 Ausgangsleistungen oder Verstärkungsfaktoren der optischen Verstärkung vorgegeben und realisiert werden.

Besonders vorteilhaft ist es hierbei, wenn die passive Glas-Wellenleiteranordnung und die aktive Wellenleiteranordnung zweidimensionale Oberflächenwellenleiteranordnungen sind, welche mittels eines LTB-Verfahrens miteinander verbunden  
5 sind, denn hierdurch kann Freiheit von thermischen Spannungen bei höchster optischer Qualität erreicht werden.

Wenn die Einrichtung zur spektralen Trennung ein in der passiven Glas-Wellenleiteranordnung ausgebildeter optischer Multiplexer ist, kann hierdurch eine sehr scharfe spektrale  
10 Trennung der Signalanteile auf sehr kleinem Raum vorgenommen werden.

Bevorzugt ist die Einrichtung zur Vereinigung der verstärkten optischen Signale ein in der passiven Glas-Wellenleiteranordnung ausgebildeter optischer Kombinierer.

15 Bei der bevorzugten Ausführungsform ist zumindest eine Pump-Laserdiode an die passiven Glas-Wellenleiteranordnung angeschlossen und hat vorzugsweise einen Wellenlänge oder einen Wellenlängenbereich von 980 nm bis 1480 nm.

Vorteilhaft umfasst das optisch verstärkende Material Erbium und/(Er) oder eine Kombination von Erbium und Ytterbium (Er  
20 Yb).

Von besonderem Vorteil ist es, wenn hierbei die Länge des verstärkenden Bereichs für verschiedene spektrale Anteile des zu verstärkenden Lichtes verschieden groß ist, denn auf diese  
25 Weise kann eine geringere Verstärkung eines bestimmten spektralen Bereiches durch eine längere Verstärkungsstrecke kompensiert werden.

Wenn die Stelle der Einkopplung des Pumplichtes für verschiedene spektrale Anteile des zu verstärkenden Lichtes

in Bezug auf die zurückgelegte optische Weglänge innerhalb des verstärkenden Materials verschieden ist, kann die effektive Wechselwirkungslänge des Pumplichtes mit dem zu verstärkenden Licht optimal oder auf vordefinierte Weise  
5 eingestellt werden.

Mit mehr als einem dotierten Bereich und mehr als einem optisch verstärkendes Material kann das Verstärkungsspektrum deutlich erweitert werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn zumindest eine Pump-  
10 Laserdiode an die passiven Glas-Wellenleiteranordnung angeschlossen ist, welche Pumplicht in Ausbreitungsrichtung des zu verstärkenden Lichtes zuführt und zumindest eine Pump-Laserdiode an die passiven Glas-Wellenleiteranordnung angeschlossen ist, welche Pumplicht entgegengesetzt zur  
15 Ausbreitungsrichtung des zu verstärkenden Lichtes zuführt, denn dann kann eine besonders effektive Einkoppelung des Pumplichts erreicht werden, bei welcher Streuverluste in dem Wellenleiter vermieden werden können.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten  
20 Zeichnungen und unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen detaillierter beschrieben.

Es zeigen:

- 25 Fig. 1 eine erste erfindungsgemäße Einrichtung zur Übertragung optischer Signale in Form eines optischen Moduls mit variabler Verstärkung und Dämpfung,  
Fig. 2 eine zweite erfindungsgemäße Einrichtung zur  
30 Übertragung optischer Signale in Form eines

- breitbandigen optischen Verstärkers, insbesondere in Form eines breitbandigen optischen Verstärkers mit spektral angepaßten Verstärkungseigenschaften,
- Fig. 3 eine schematische dargestellte weitere
- 5 erfindungsgemäße Einrichtung zur Übertragung optischer Signale in Form eines AWG, insbesondere in Form eines AWG mit spektral angepaßten Verstärkungseigenschaften, als Weiterentwicklung der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform,
- 10 Fig. 4 eine schematische dargestellte, nochmals weitere erfindungsgemäße Einrichtung zur Übertragung optischer Signale in Form eines AWG, insbesondere in Form eines AWG mit spektral angepaßten Verstärkungseigenschaften und spektral getrennten
- 15 phasenmodulierenden bzw. phasenschiebenden Einrichtungen, als Weiterentwicklung der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform
- Fig. 5 eine schematische Darstellung des Einfluß der Verstärkung innerhalb der Arme des in Fig. 3
- 20 dargestellten AWG auf die spektrale Breite der übertragenen Signale,
- Fig. 6 eine exaktere Berechnung der spektralen Breite der in dem in Fig. 3 dargestellten AWG übertragenen
- 25 Signale für 20 Arme des AWG, als Punktelinie dargestellt, und für 80 Arme des AWG, als durchgezogenen Linie dargestellt.

#### Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

- 30 Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele detaillierter beschrieben und es wird zunächst auf Fig. 1 bezug genommen, welche eine erste erfindungsgemäße Einrichtung zur Übertragung optischer

Signale in Form eines optischen Moduls mit variabler Verstärkung und Dämpfung zeigt.

Das in Fig. 1 dargestellte und im gesamten mit dem  
5 Bezugszeichen 1 versehene Modul umfasst einen optischen AWG (Arrayed Waveguide Grating), wie dieser beispielsweise in der DE 101 12 331 oder der DE 101 12 349 detaillierter beschrieben ist, deren Inhalt vollumfänglich zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht wird.

10

Ein optisches Signal wird in der Signalfaser 2 einem Freistrahlbereich 3' eines AWG 3 zugeführt, dessen einzelne Arme 4, 5, 6, von welchen nur drei beispielhaft in der Zeichnung dargestellt sind, zumindest jeweils einen Abschnitt  
15 aufweisen, der mit einem verstärkenden Material dotiert ist, wie beispielsweise einem Seltenen-Erden-Material, dieser Bereich ist in Fig. 1 beispielhaft mit active glas bezeichnet und in einem ansonsten im wesentlichen transparenten Substrat oder Trägermaterial ausgebildet.

20

Durch die erfindungsgemäß mögliche Verstärkung kann auch die Anzahl der Arme des AWG und damit dessen spektrale Auflösung sehr hoch sein. Es liegt im Rahmen der Erfindung AWGs mit mehr als 100 Armen, mit mehr als 400 Armen und insbesondere  
25 mit mehr als 1000 Armen bereitzustellen. Jede normale ganze Zahl an Armen  $n \leq 10\,000$  kann in Abhängigkeit der zu erwünschten spektralen Auflösung gewählt und verwirklicht werden. Hierbei sind lithographische Techniken zur Strukturierung der Wellenleiter in der Oberfläche des  
30 Trägermaterials einsetzbar. Die Anpassung des Freistrahlbereichs 3' an diese erwünschte Anzahl der Arme ist einem Fachmann auf diesem Gebiet mit seinem Fachwissen möglich.

Es liegt ferner im Rahmen der Erfindung, Telluritgläser, Antimon enthaltende Gläser, Wismut enthaltende bzw. Wismutatgläser sowie oxidische Gläser aus diesen Verbindungen  
5 als verstärkende Materialien zu verwenden.

Bei der bevorzugten Ausführungsform sind die Arme des AWG 3 sowie ist der Freistrahlbereich 3' des AWG 3 innerhalb eines zweidimensionalen Substrates ausgebildet und sind die  
10 optischen Komponenten des Systems oder zumindest ein Teil dieser Komponenten mit einem LTB-Verfahren (Low-Temperature-Bonding-Verfahren) miteinander verbunden, wie diese in der PCT US 00/41720 und der PCT US 00/41721 sowie deren  
prioritätsbegründender Voranmeldung beschrieben ist, welche  
15 alle durch Bezugnahme vollumfänglich zum Gegenstand der vorliegenden Beschreibung gemacht werden.

Das Substrat, in dem die Wellenleiter ausgebildet sind kann aus Glas, Quarzglas, Silicium, einem Halbleitermaterial, wie  
20 beispielsweise Indium- oder Galliumarsenid oder kann auch aus einem Kunststoff, beispielsweise einem Polycarbonatmaterial, bestehen und ist nicht auf bestimmte Trägermaterialien beschränkt.

25 An vorzugsweise jeden Arm 4, 5, 6 des AWG 3 ist jeweils eine eigene Pumplaserdiode 7, 8, 9 angeschlossen, welche in deren Intensität eigenständig regelbar ist.

Vorzugsweise jeder Pumplaserdiode 7, 8, 9 ist eine eigene  
30 Monitordiode bzw. Photodiode 10, 11, 12, zugeordnet, welche aus dem jeweiligen Arm 4, 5, 6 Licht empfängt, wobei die Pumplaserdioden 7, 8, 9 in Fig. 1 als einziger monolithischer Block dargestellt sind und zusammen mit deren elektronischer

Ansteuerung auf einem gemeinsamen Halbleitersubstrat realisiert sein können.

Das, aus dem jeweiligen Arm 4, 5, 6 empfangene Licht ist  
5 durch einen dielektrischen Strahlteiler (Splitter) in dessen Intensität vorzugsweise stark reduziert, so daß die hierdurch entstehenden Verluste minimal bleiben. Bevorzugte Teilerverhältnisse des Strahlteilers (Splitter) sind 1 zu 10, bevorzugt 1 zu 100 oder noch stärker bevorzugt 1 zu 1000 oder  
10 mehr als 1 zu 10 000.

Zur Regelung der Lichtintensität der Pumplaserdioden 7, 8, 9 sind den Photodioden 10, 11, 12 jeweils elektronische Verstärkungsstrecken 13, 14, 15 nachgeschaltet, welche  
15 jeweils eigenständig über eine einstellbare Verstärkung verfügen.

Ferner ist auch die absolute Lichtintensität der Pumplaserdioden 7, 8, 9, welche vorzugsweise als VCSEL  
20 (Vertical Cavity Surface emitting Laser) ausgebildet sind, durch externe, in den Zeichnungen nicht dargestellte Mittel einstellbar, so daß feste, voreingestellte spektrale Verstärkungsprofile elektronisch abrufbar realisierbar sind.

25 Hierdurch weist jeder der Arme 4, 5, 6 des AWG 3 eine unabhängig geregelte oder fest einstellbare Verstärkung auf.

Das Licht der Arme 4, 5, 6 wird in einem Koppler oder Kombinier 16 zusammengeführt und in eine  
30 Ausgangswellenleiterfaser 17 eingekoppelt.

Der Kombinierer 16 kann aus einem zweidimensionalen Wellenleiterkoppler, wie dieser einem Fachmann auf dem

vorliegenden Gebiet bekannt ist, bestehen.

Durch die Dotierung mit dem verstärkenden Material weist jeder der Arme 4, 5, 6 eine von der Dotierungskonzentration abhängige, vorgebbare Absorption und damit einstellbare optische Dämpfung auf, wenn die durch das verstärkende Material erreichte Verstärkung bei geringem Pumplicht kleiner als die Dämpfung des Materials ist.

Ferner liegt es im Rahmen der Erfindung, auch zusätzliche Substanzen oder Gemische in den verstärkenden Bereich einzubringen, um etwa eine spektral wunschgemäß definierte Absorptionskurve zu erhalten oder die spektralen Verstärkungseigenschaften an den jeweils vorliegenden Arm des AWG anzupassen.

Wird die Pumplichtleistung größer kann die Verstärkung größer als die Dämpfung werden. Hierdurch lassen sich für jeden Arm 4, 5, 6 des AWG 3 Dämpfungs- und Verstärkungswerte eigenständig einstellen, so daß sich ein spektrales Übertragungsverhalten des optischen Moduls ergibt, welches in jedem spektralen Bereich von einer vorgebbaren Dämpfung bis zur Verstärkung reicht.

Fig. 3 zeigt schematisch einen AWG 3 mit acht Eingangssignalwellenleitern,  $n=8$ , welche beispielsweise acht Signalkanäle umfassen können mit jeweils  $m$  spektral benachbarten optischen Signalen bei den Wellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , ...  $\lambda_m$  in jedem dieser optischen Signale.

Durch den Freistrahlbereich 3' werden diese Signale den einzelnen Armen, deren Anzahl nur schematisch in Fig. 3 mit 17 Armen dargestellt ist, zugeführt und wird das in diesen

Armen propagierende Licht, die wie vorstehend beschrieben, jeweils mit Hilfe eines Bereichs des verstärkenden Materials in den Pumplicht auf dem Fachmann bekannte Weise eingekoppelt wird optisch verstärkt. Jeder Arm des AWG 3 weist dabei einen  
5 eigenen Verstärker, in Fig. 3 mit Amplifier bezeichnet, auf, der eine unabhängige Einstellung der Verstärkung oder Dämpfung bzw. Schwächung des in diesem propagierenden Lichtes gestattet und der in dem mit active substrate bezeichneten Bereich liegt.

10

Nach Durchlaufen und Verstärkung oder Schwächung des Lichtes in den 17 Armen des AWG 3 wird deren Licht innerhalb des Freistrahلبereichs 16' auf m spektral benachbarte Ausgangswellenleiter 19 abgebildet und in diese eingekoppelt.

15

Ohne Beschränkung der Allgemeinheit hat in Fig. 3 die Anzahl m auch den Wert acht, die Erfindung ist jedoch nicht auf die Gleichheit von n und m beschränkt.

20 Diese erfindungsgemäße Ausführungsform ist hervorragend für den Betrieb als Frequenzdemultiplexer mit variabler Verstärkung und Dämpfung sowie mit variablen spektralen Übertragungseigenschaften geeignet, bei welcher die acht spektralen Anteile eines jeden Eingangssignals mit den  
25 Wellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , ...  $\lambda_m$  in die acht Ausgangswellenleiter 19 spektral getrennt einkoppelbar sind.

Die Variabilität der spektralen Breite der Übertragungsfunktion ist schematisch in Fig. 5 und exakter  
30 berechnet in Fig. 6 dargestellt. Werden alle Arme verstärkt, so wird die schmale, durchgezogen dargestellte spektrale Transmissionskurve 20 realisiert.

Werden einige Arme des AWG 3 durch hohe Absorption bzw. Dämpfung "abgeschaltet", bzw. weisen nur noch vernachlässigbare Signalintensitäten auf, verbreitert sich  
5 die spektrale Transmissionskurve auf die mit dem Bezugszeichen 21 versehene Kurve.

Um diese hohe Dämpfung, die einer Abschaltung gleichkommt betragen Werte der Absorption innerhalb des verstärkenden  
10 Bereichs durch Wahl der Dotierungsdichte des aktiven Materials und/oder durch zusätzliches Einbringen von absorbierenden Substanzen mit wählbarem Absorptionsspektrum, wie beispielsweise von Farbstoffen, ohne Einstrahlung von Pumplicht 0,1 bis 10 dB/cm, besonders bevorzugt 0,5 bis 5  
15 dB/cm und am meisten bevorzugt 1 bis 3 dB/cm, während ansonsten in den verbleibenden Übertragungsbereichen eine möglichst absorptionsfreie Übertragung angestrebt wird.

Mit abnehmender Anzahl an übertragenden Armen werden  
20 nachfolgend die bei 22, 23 und 24 dargestellten spektralen Transmissionskurven verwirklicht und kann hierdurch ein Filter mit variabler spektraler Breite bereitgestellt werden, wie dieses für viele optische Anwendungen sehr wertvoll ist.

25 Durch derartige Filter kann beispielsweise eine Umsetzung aus einem ersten spektralen Kanalraster in ein zweites spektrales Kanalraster erfolgen, beispielsweise mit 200 GHz beabstandete Signale in ein Kanalraster mit 100 GHz überführt werden.  
Durch die Verstärkung in den Armen des AWG kann die Anzahl  
30 der Arme des AWG 3 erhöht und damit dessen spektrale Finesse verbessert werden.

Ferner kann auch die spektrale Form von Lasersignalen jeweils anwendungsgemäß in deren spektralen Verlauf und Intensität optimiert werden.

5 Fig. 6 zeigt die exakter berechneten spektralen Transmissionskurven für einen verlustfrei betriebenen AWG 3 mit der Transmissionskurve 25 für den Betrieb mit 80 verlustfrei übertragenden Armen und mit der Transmissionskurve 26 für den Betrieb mit 20 verlustfrei  
10 übertragenen Armen des AWG 3.

In Fig. 4 ist eine Weiterentwicklung des AWG 3 aus Fig. 3 dargestellt, bei welcher jeder Wellenleiter, der einen verstärkenden Bereich, d.h. einen aktiven Bereich, umfasst  
15 auch einen in dessen Phase modulierbaren Bereich enthält. Nur beispielhaft ist in Fig. 4 der auch als phase shifting substrate bezeichnete Bereich des Phasenmodulators in Signalausbreitungsrichtung gesehen nach dem aktiven Bereich angeordnet. Dieser Bereich kann ebenfalls vor dem  
20 verstärkenden Bereich angeordnet sein.

Der Phasenmodulator weist ein Material auf, dessen effektiver Brechungsindex änderbar ist, beispielsweise ein thermooptisches oder ein elektrooptisches Material wie  
25 beispielsweise  $\text{LiNbO}_3$ . Durch die Änderung des effektiven Brechungsindex kommt es zu einer Änderung der optischen Weglänge innerhalb des jeweiligen Arms des AWG 3, die auch als Phasenverschiebung des in diesem Arm propagierenden optischen Signals darstellbar ist, weshalb der  
30 Phasenmodulator auch als Phasenschieber bezeichnet wird.

Jeder Phasenmodulator oder Phasenschieber eines jeden Arms des AWG 3 weist eine eigene Anschlußleitung zur zugeordneten

Steuerelektronik auf, wobei diese Anschlußleitung lediglich schematisch als Control Lines for Phaseshifter in Fig. 4 dargestellt ist.

- 5 Durch entsprechende Ansteuerung der Phasenmodulatoren oder Phasenschieber kann eine bei der Verstärkung auftretende Phasenverschiebung kompensiert werden oder können bauteilbedingte Schwankungen in der Länge der Arme des AWG 3 aktiv, beispielsweise mit Hilfe eines bekannten
- 10 Referenzsignals und dessen spektraler Erfassung durch die zugeordnete, jedoch in den Figuren nicht dargestellte Steuerelektronik kompensiert werden. Ferner lassen sich hierdurch auch thermisch bedingte Schwankungen kompensieren.
- 15 Derartige optische Module lassen sich generell vorteilhaft in nachrichtentechnischen Systemen einsetzen, um deren Übertragungsverhalten erheblich zu verbessern, insbesondere um diese an erwünschte spektrale Intensitätsvorgaben für nachfolgende optische Signalübertragungs- und/oder -
- 20 verarbeitungseinrichtungen anzupassen.

Bei der nachfolgenden Beschreibung des zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels wird auf Fig. 2 bezug genommen, welche einen breitbandigen optischen Verstärker

25 zeigt.

Ein breitbandiger optischer Verstärker wird beispielsweise in der PCT US 00/41720 beschrieben, welche durch Bezugnahme vollumfänglich zum Gegenstand der vorliegenden Beschreibung

30 gemacht wird.

Der im ganzen mit dem Bezugszeichen 27 versehene, in Fig. 2 dargestellte, breitbandige optische Verstärker umfasst eine

Einrichtung 28 zur spektralen Trennung, beispielsweise einen  
AWG, ein Strahlteilersystem mit verschiedenen schmalbandigen  
Filtern oder ein Prisma, zur spektralen Trennung von  
optischen Eingangssignalen, welcher ein Eingangswellenleiter  
5 29 optische Signale mit verschiedenen spektralen Lagen oder  
Bereichen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , ...  $\lambda_n$  zuführt.

Diese spektralen Anteile  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , ...  $\lambda_n$  werden nach deren  
spektraler Trennung jeweils eigenen zugeordneten  
Wellenleitern 30, 31, 32, 33 zugeführt, welche jeweils  
10 zumindest einen Abschnitt 34, 35 mit optisch verstärkendem  
Material 20 aufweisen.

Nach dem Abschnitt mit verstärkendem Material führen die  
Wellenleiter 30, 31, 32, 33 das verstärkte Licht zu einer  
Einrichtung zur Vereinigung der verstärkten optischen Signale  
15 (Combiner) 36.

Die einzelnen, vorstehend aufgeführten Komponenten des  
Verstärkers 27 sind, soweit diese auf mehr als einem  
optischen Substrat realisiert sind, vorzugsweise mit einem  
LTB-Verfahren miteinander verbunden. Die Beschreibung dieses  
20 LTB-Verfahrens wurde vorstehend durch Bezugnahme hier  
vollständig mit inkorporiert.

Der Bereich mit verstärkendem Material definiert eine aktive  
Wellenleiteranordnung, welche den dotierten Bereich aufweist,  
innerhalb dessen jeweils ein optisch verstärkendes Material  
25 angeordnet ist und die Wellenleiter 30, 31, 32, 33 definieren  
außerhalb des aktiven Bereichs, die als active Substrate 1  
und als active Substrate 2 bezeichnet sind, jeweils  
herkömmliche zweidimensionale, in der Oberfläche eines  
optischen Substrates angeordnete Wellenleiter.

Die Einrichtung 28 zur spektralen Trennung ist in der am meisten bevorzugten Ausführungsform ein in der passiven Glas-Wellenleiteranordnung ausgebildeter optischer Multiplexer, beispielsweise ein AWG, und die Einrichtung zur Vereinigung  
5 der verstärkten optischen Signale (Combiner) ein in der passiven Glas-Wellenleiteranordnung ausgebildeter optischer Kombiner, beispielsweise ein Wellenleiterkoppler.

Eine Pump-Laserdiode PL1 ist jeweils einzeln an jeden der Wellenleiter 21, 22, 23, 24 der passiven Glas-  
10 Wellenleiteranordnung angeschlossen und hat vorzugsweise eine Wellenlänge von 980 nm oder 1480 nm oder emittiert breitbandig über diesen gesamten Wellenlängenbereich von 980 nm bis 1480 nm, wobei das optisch verstärkende Material ein Seltene-Erden-Element oder eine Mischung von Seltenen-Erden-  
15 Elementen, vorzugsweise Erbium und/(Er) oder eine Kombination von Erbium und Ytterbium (Er Yb) umfasst.

Die Pump-Laserdiode PL1 führt Pumplicht in der Ausbreitungsrichtung des zu verstärkenden Lichtes zu.

In einer vereinfachten Form der Erfindung speist die Pump-  
20 Laserdiode alle Wellenleiter 21, 22, 23. In diesem Falle sind die nachstehend beschriebenen weiteren Maßnahmen zur spektralen Beeinflussung der Verstärkung besonders vorteilhaft, sind jedoch nicht auf diese Ausführungsform beschränkt.

Die Länge des verstärkenden Bereichs ist für verschiedene spektrale Anteile des zu verstärkenden Lichtes verschieden groß, dies bedeutet, daß die Länge, über welche Pumplicht zur Verfügung gestellt wird für die verschiedenen spektralen Komponenten  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , ...  $\lambda_n$  verschieden groß ist.

Dies wird in der beigefügten Zeichnung durch die trapezoide Form des aktiven Bereichs (active Substrate 1 und active Substrate 2) schematisch mit den diesen Bereich berandenden Linien 38, 39, 40, 41 angedeutet.

5

Diese Längenänderung des verstärkenden Materials ist jedoch nicht auf lineare bzw. trapezförmige Änderungen beschränkt sonder kann im wesentlichen für jede spektrale Komponente  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots \lambda_n$  frei gewählt werden.

10

Hierdurch kann beispielsweise die jeweilige Länge der verstärkenden Strecke der Wellenleiter 30, 31, 32, 34 invers zur spektralen Verstärkung des Verstärkungsmaterials innerhalb des active Substrate 1 und des active Substrate 2 ausgewählt werden, um eine spektral konstante Verstärkungsfunktion bereitzustellen oder kann an spektrale Verluste eines Übertragungssystems angepasste Längen aufweisen.

20 Darüberhinaus können die Wellenleiter 30, 31, 32, 34 auch nicht-äquidistant angeordnet werden, so daß sogar bei trapezförmigen verstärkenden Bereichen active Substrate 1 und active Substrate 2 in Abhängigkeit von den Innenwinkeln der Schenkel der Trapeze und der Beabstandung der Wellenleiter  
25 30, 31, 32, 34 nahezu beliebig spektral vordefinierbare Verstärkungsprofile realisierbar sind.

Ferner können durch photolithographische Maskierungs- und Oberflächenbehandlungstechniken verstärkende Materialien mit  
30 nahezu beliebigen Geometrien für den verstärkenden Bereich des active Substrate 1 und des active Substrate 2 in die Wellenleiter 30, 31, 32, 34 eingebracht werden.

- Darüber hinaus kann die Stelle der Einkopplung X1, X2, X3 des Pumplichtes PL1, PL2 für verschiedene spektrale Anteile des zu verstärkenden Lichtes in Bezug auf die zurückgelegte optische Weglänge innerhalb des verstärkenden Materials verschieden gewählt werden, so daß auch hierdurch eine effektive Wechselwirkungslänge zwischen Pumplicht und zu verstärkendem Licht spektral einstellbar ist.
- Bei der bevorzugten Ausführungsform existiert mehr als ein dotierter Bereich active Substrate 1 bzw. active Substrate 2 und wird zur Verbesserung mehr als ein optisch verstärkendes Material eindotiert, um die Breitbandigkeit des Verstärkers zu unterstützen. So können beispielsweise die Wellenleiter 21, 22, 23, 24 jeweils spektral optimierte verschiedene aktive Materialien umfassen oder können mehrere Wellenleiter durch deren angepasste Wechselwirkungslänge des zu verstärkenden Lichtes mit dem Pumplicht jeweils das gleiche aktive Material aufweisen.
- Neben der zumindest einen Pump-Laserdiode PL1, welche Pumplicht in Ausbreitungsrichtung des zu verstärkenden Lichtes zuführt umfasst die am meisten bevorzugteste Ausführungsform zumindest eine weitere Pump-Laserdiode PL2, welche an die passiven Glas-Wellenleiteranordnung angeschlossen ist und welche Pumplicht entgegengesetzt zur Ausbreitungsrichtung des zu verstärkenden Lichtes zuführt.
- Mit den vorstehend beschriebenen Maßnahmen ist es möglich, einen sehr breitbandigen Verstärker mit höchster optischer Qualität zu verwirklichen.
- Darüber hinaus ist es möglich, vordefinierte spektrale Verstärkungsprofile zu erzeugen, welche jeweils innerhalb der

Wellenleiter 30, 31, 32, 34 der erwünschten Verstärkung  
entsprechende i) Materialien, ii) Wechselwirkungslängen von  
Pumplicht und zu verstärkendem Licht und/oder iii) den  
Wellenleitern 21, 22, 23, 24 zugeordnete Einkoppelungsstellen  
5 des Pumplichtes aufweisen.

Bei der bevorzugten Ausführungsform sind die einzelnen  
Komponenten des Verstärkers mit einem LTB-Verfahren (Low-  
Temperature-Bonding-Verfahren) miteinander verbunden, wie  
10 dieses durch Bezugnahme vollumfänglich zum Gegenstand der  
vorliegenden Beschreibung gemacht werden.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale umfassend
- 5        zumindest einen Wellenleiter mit einem dotierten Bereich, welcher ein Material enthält, das zur Verstärkung optischer Signale geeignet ist,
- bei welchem der dotierte Bereich eine vordefinierte Absorption aufweist und durch Einstrahlung von Pumplicht in
- 10        dessen Verstärkung änderbar ist und
- ferner umfassend eine Einrichtung zur Trennung von spektralen Anteilen optischer Signale.
2. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale nach
- 15        Anspruch 1,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß der Wellenleiter Teil eines AWG (Arrayed Waveguide Grating) ist.
- 20        3. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale nach Anspruch 1 oder 2,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß dem dotierten Bereich des Wellenleiters zumindest eine Pumplichtquelle zugeordnet ist.
- 25        4. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale nach Anspruch 1, 2 oder 3,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß eine Vielzahl von Armen des AWG einen dotierten Bereich
- 30        aufweist, welcher jeweils ein Material umfaßt welches zur Verstärkung optischer Signale geeignet ist, und
- daß dem dotierten Bereichen jeweils eine Pumplichtquelle

zugeordnet ist.

5. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale nach einem der vorstehenden Ansprüche,

5 dadurch gekennzeichnet,

daß jedem Wellenleiter eine Monitordiode zugeordnet ist, welche die Lichtintensität nach dem Durchlaufen des Lichts von zumindest einem Teil des dotierten Bereichs erfaßt.

10 6. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Pumplichtleistung basierend auf der mit der Monitordiode erfassten Lichtintensität einstellbar ist.

15 7. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale

dadurch gekennzeichnet,

daß die Absorption im Bereich des Materials, das zur Verstärkung optischer Signale geeignet ist, ohne Einstrahlung von Pumplicht bevorzugt **0,1 bis 10 dB/cm, besonders bevorzugt**

20 **0,5 bis 5 dB/cm und am meisten bevorzugt 1 bis 3 dB/cm beträgt.**

8. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,

insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche,

25 insbesondere optischer Verstärker mit breitbandiger Verstärkung, umfassend

eine Einrichtung zur spektralen Trennung von optischen Signalen,

30 zumindest einen Wellenleiter, der von der Einrichtung zur spektralen Trennung von optischen Signalen spektrale Anteile eines optischen Signals erhält,

zumindest einen Abschnitt mit einem optisch verstärkendem Material, welcher in dem zumindest einen

Wellenleiter angeordnet ist,  
sowie

eine Einrichtung zur Vereinigung der verstärkten  
optischen Signale.

5

9. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
insbesondere optischer Verstärker nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Komponenten der Einrichtung zur Übertragung optischer  
10 Signale mit einem LTB-Verfahren miteinander verbunden sind.


10. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
insbesondere optischer Verstärker nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der optische Verstärker eine passive Glas-  
15 Wellenleiteranordnung und eine aktive Wellenleiteranordnung  
umfaßt, welche einen dotierten Bereich aufweist, innerhalb  
dessen ein optisch verstärkendes Material angeordnet ist.

11. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
20 insbesondere optischer Verstärker nach einem der Ansprüche  
von 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der zumindest eine Wellenleiter sowie insbesondere die  
passive Glas-Wellenleiteranordnung und die aktive  
25 Wellenleiteranordnung zweidimensionale,  
Oberflächenwellenleiteranordnungen sind.

12. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
insbesondere optischer Verstärker nach einem der Ansprüche  
von 8 bis 11,  
30 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Einrichtung zur spektralen Trennung ein in der  
passiven Glas-Wellenleiteranordnung ausgebildeter optischer

Demultiplexer, insbesondere ein Gitter oder ein AWG ist.

13. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
insbesondere optischer Verstärker nach einem der vorstehenden  
5 Ansprüche von 8 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Einrichtung zur Vereinigung der verstärkten optischen  
Signale ein in der passiven Glas-Wellenleiteranordnung  
ausgebildeter optischer Kombinierer oder Multiplexer ist.

10 14. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
insbesondere optischer Verstärker nach einem der vorstehenden  
Ansprüche,   
dadurch gekennzeichnet,  
15 daß zumindest eine Pump-Laserdiode an die passiven Glas-  
Wellenleiteranordnung angeschlossen ist, welche vorzugsweise  
eine Wellenlänge von 980 nm oder 1480 nm hat.

15. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
20 insbesondere optischer Verstärker nach einem der vorstehenden  
Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das optisch verstärkende Material Erbium und/(Er) oder  
eine Kombination von Erbium und Ytterbium (Er Yb) umfasst.

25 16. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das optisch verstärkende Material Telluritgläser, Antimon  
enthaltende Gläser, Wismut enthaltende oder Wismutatgläser  
30 sowie oxidische Gläser aus diesen Verbindungen enthält.

17. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale,

insbesondere optischer Verstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des verstärkenden Bereichs für verschiedene spektrale Anteile des zu verstärkenden Lichtes verschieden groß ist.

5 18. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale, insbesondere optischer Verstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelle der Einkopplung des Pumplichtes für verschiedene spektrale  
10 zurückgelegte optische Weglänge innerhalb des verstärkenden Materials verschieden ist.

19. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale, insbesondere optischer Verstärker nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch mehr als einen dotierten  
15 Bereich und durch mehr als ein optisch verstärkendes Material.

20. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale, insbesondere optischer Verstärker nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Pump-Laserdiode an die  
20 passiven Glas-Wellenleiteranordnung angeschlossen ist, welche Pumplicht in Ausbreitungsrichtung des zu verstärkenden Lichtes zuführt  
und  
zumindest eine Pump-Laserdiode an die passiven Glas-  
25 Wellenleiteranordnung angeschlossen ist, welche Pumplicht entgegengesetzt zur Ausbreitungsrichtung des zu verstärkenden Lichtes zuführt.

21. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale, dadurch gekennzeichnet, daß der zumindest eine Wellenleiter einen  
30 Phasenmodulator oder Phasenschieber enthält.

22. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenmodulator oder Phasenschieber eines jeden Wellenleiter getrennt von den Phasenmodulatoren oder Phasenschiebern anderer Wellenleiter ansteuerbar ist.

23. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenmodulator oder Phasenschieber einen thermooptischen Modulator umfasst.

24. Einrichtung zur Übertragung optischer Signale, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenmodulator oder Phasenschieber einen LiNbO<sub>3</sub>-Modulator umfasst.

25. Einrichtung zur Steuerung der Intensität, der Phasenlage und/oder der spektralen Breite eines optischen Signals umfassend eine Einrichtung zur Übertragung optischer Signale nach einem der Ansprüche von 1 bis 24.

Fig. 1

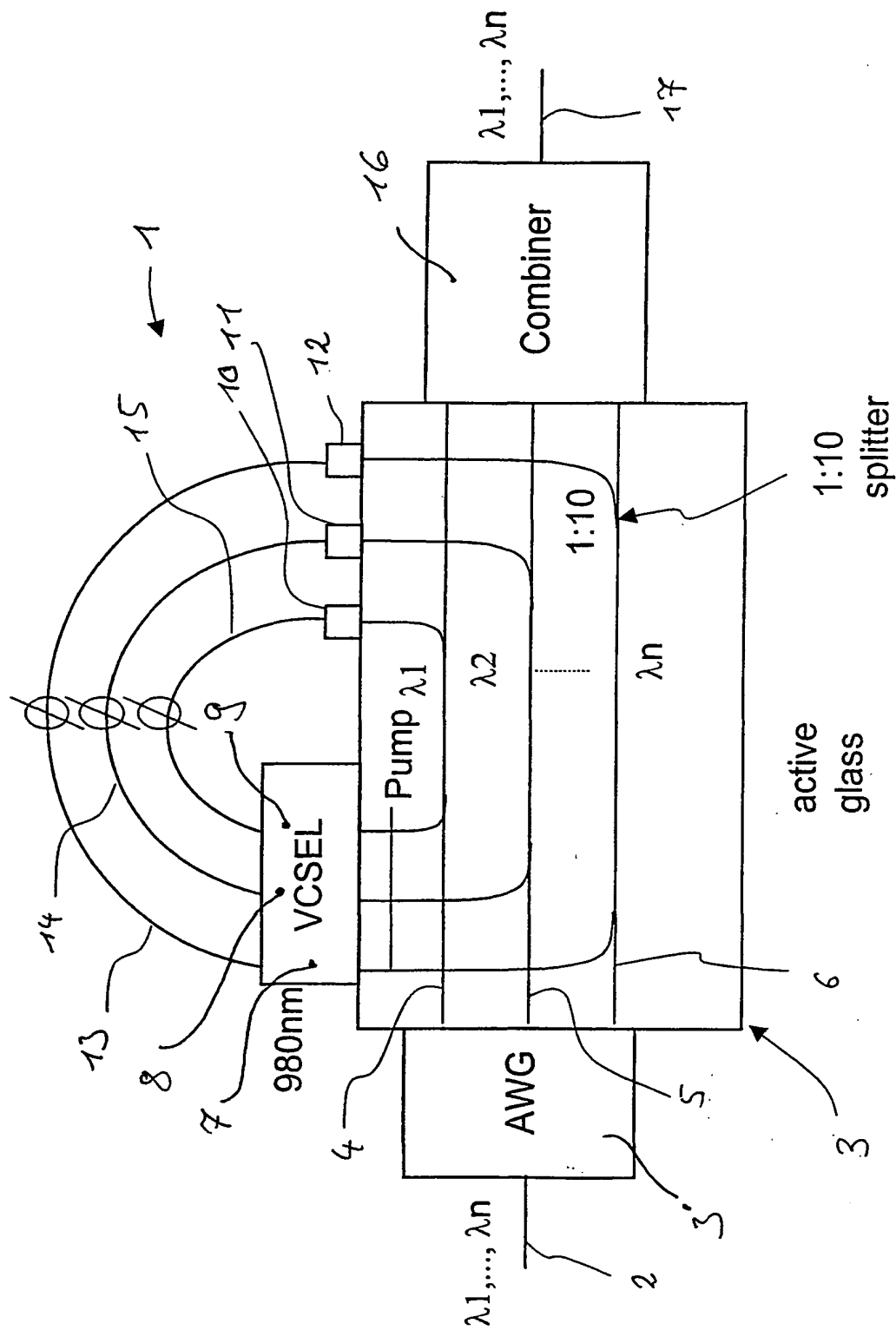


Fig. 2

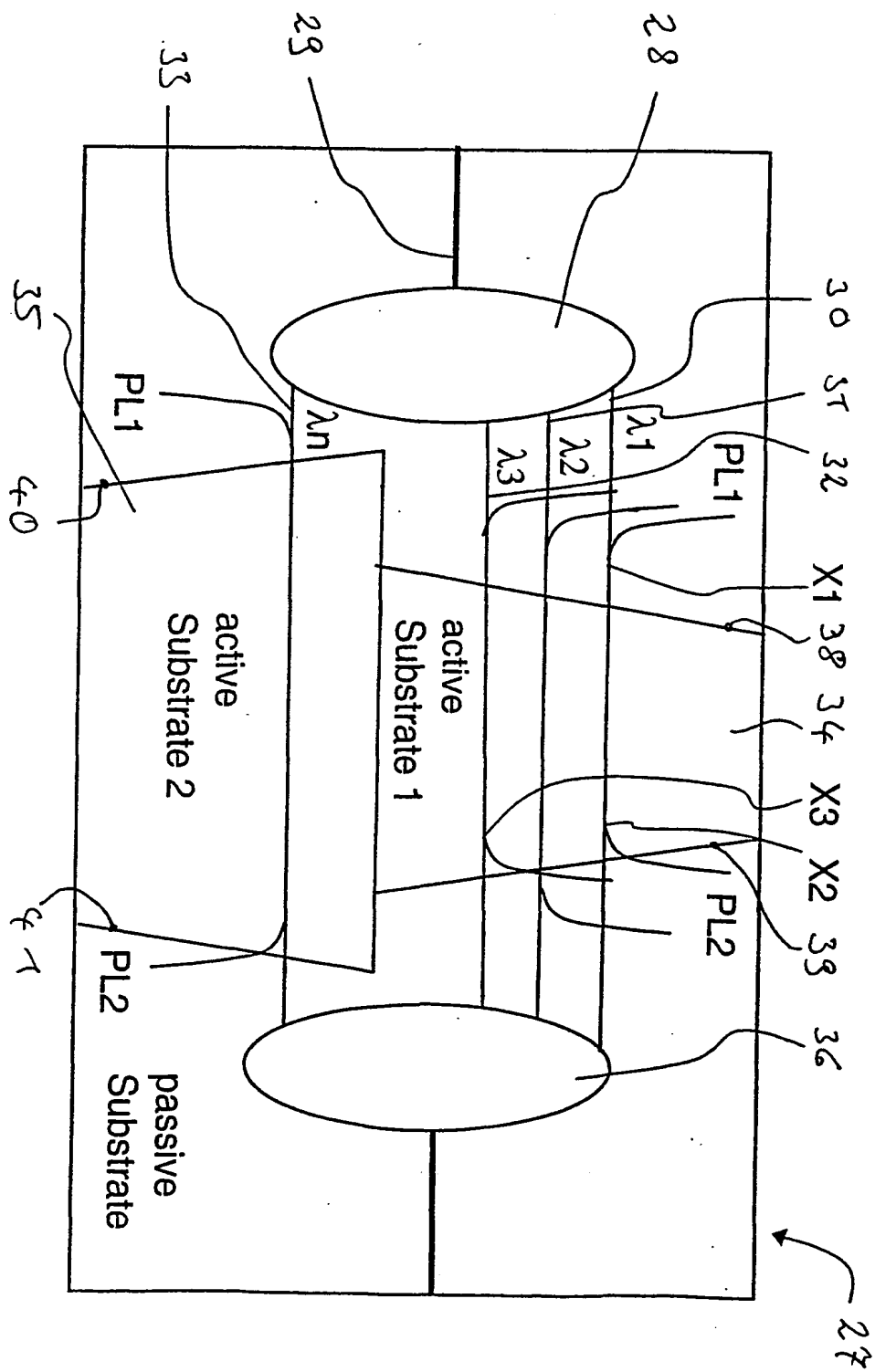


Fig 3

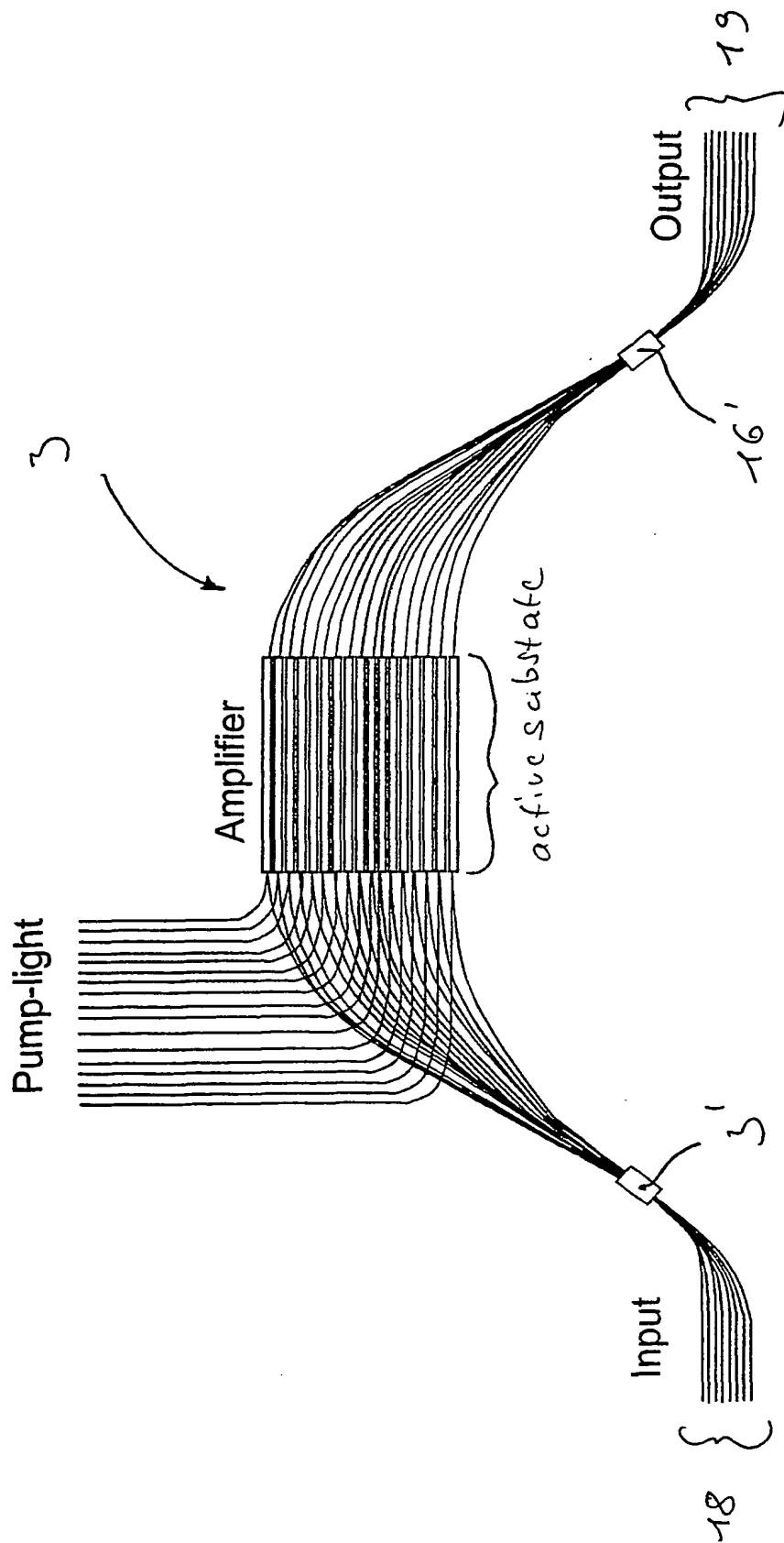
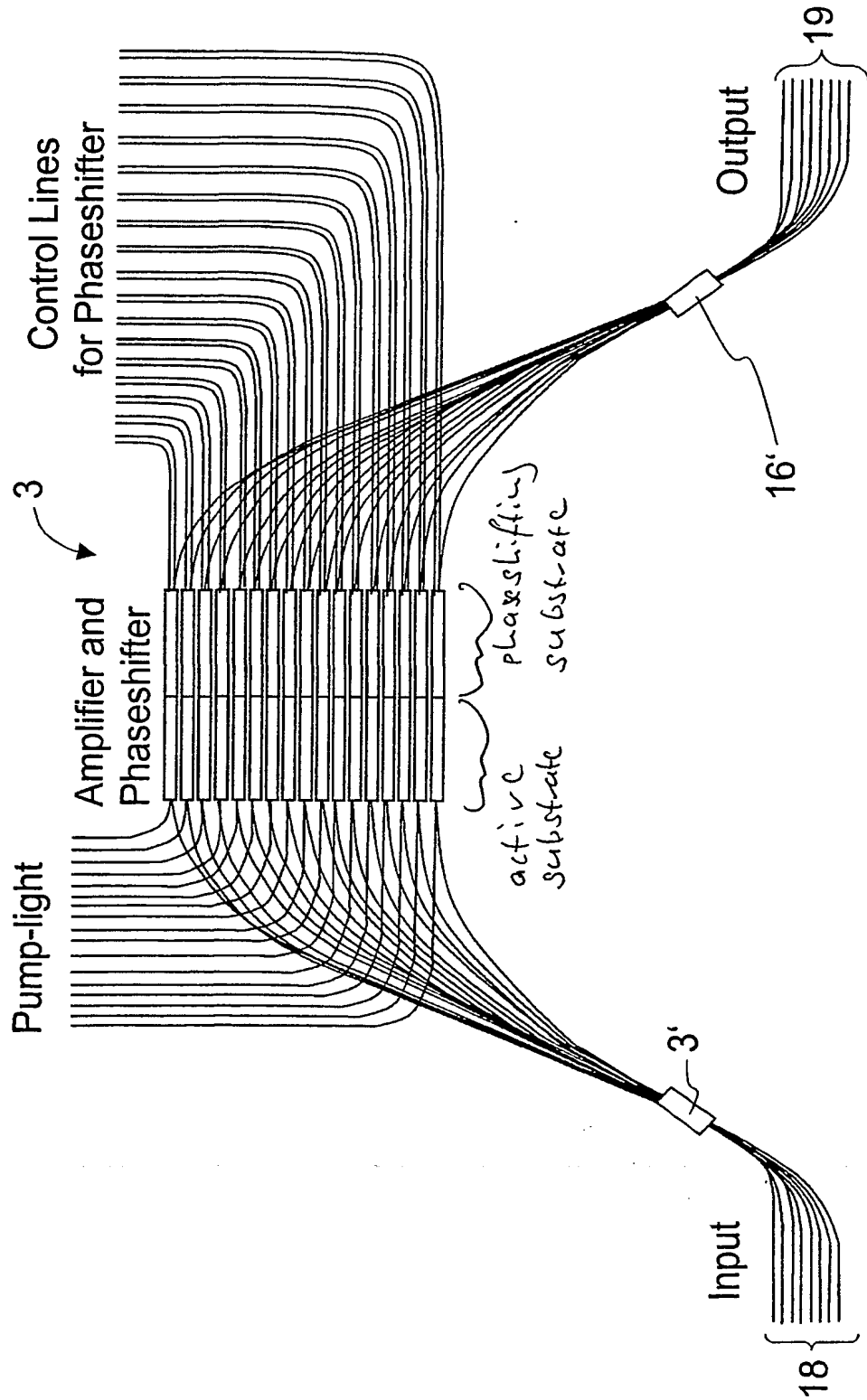


Fig 4



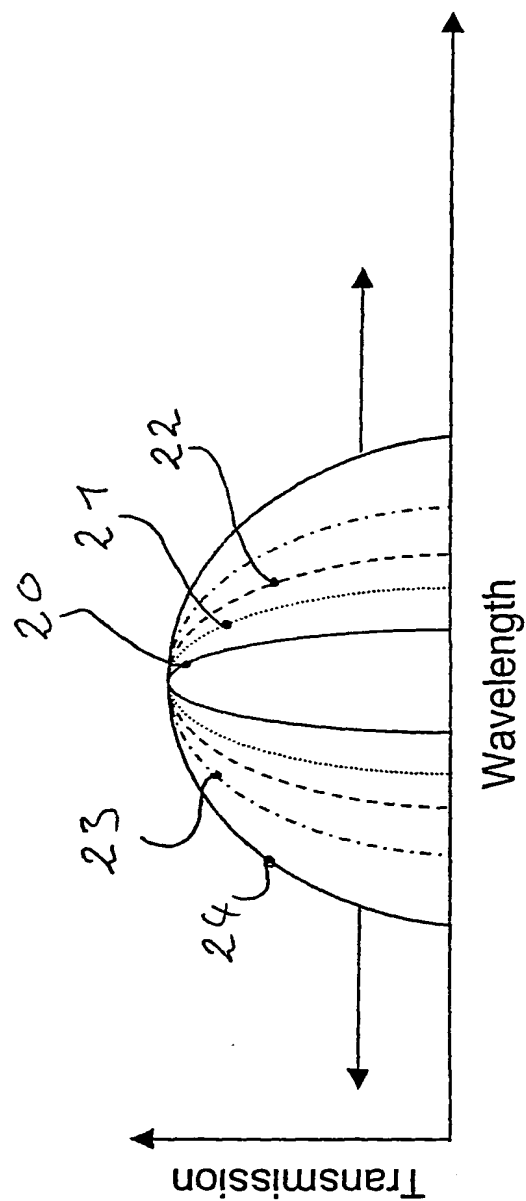
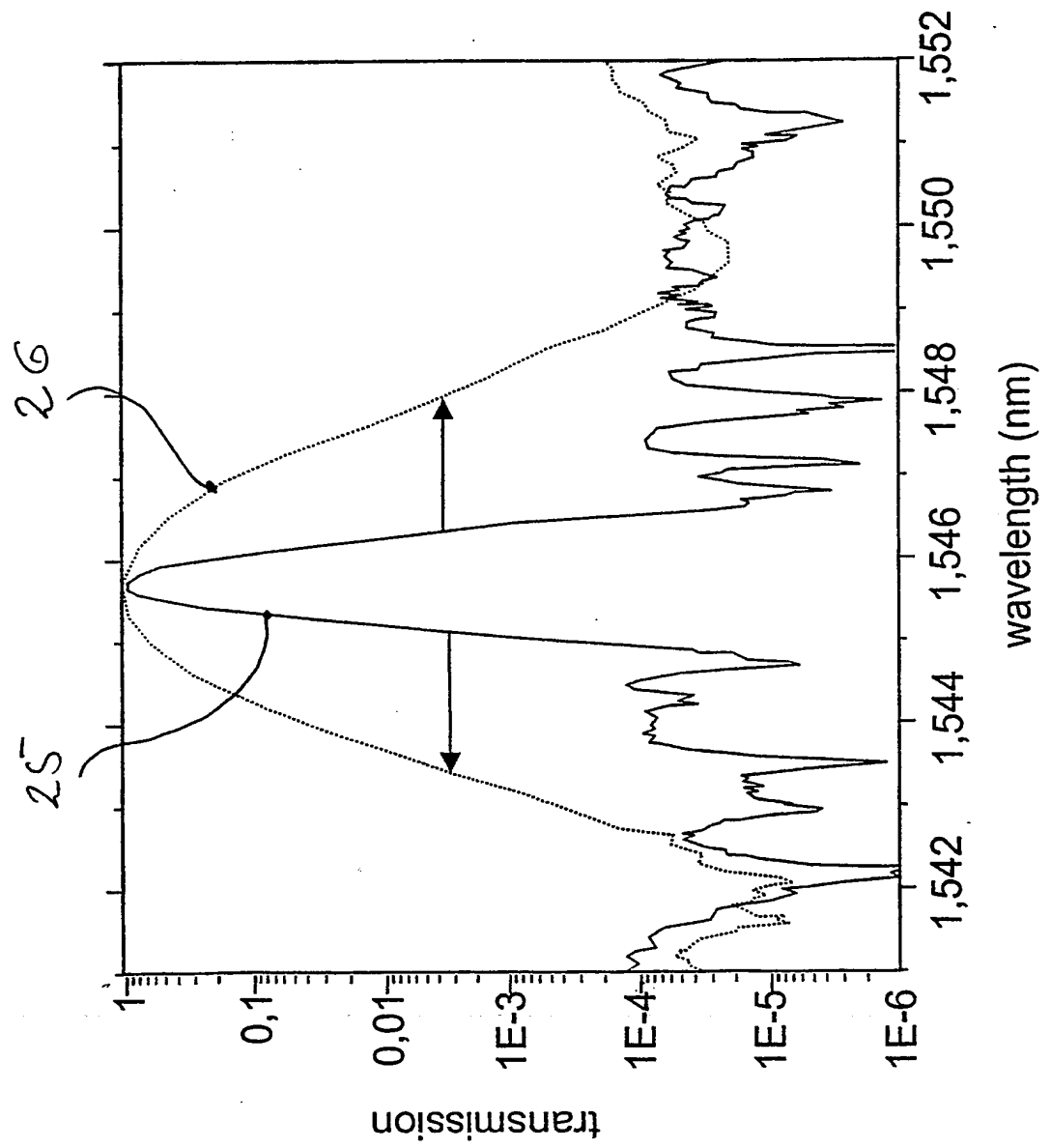


Fig. 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/12669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G02B6/293 //H04B10/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, PAJ, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 42872 A (FARJADY FARSHID ;FUJITSU TELECOMMUNICATIONS EUR (GB); PARKER MICHA) 26 August 1999 (1999-08-26) abstract page 23, line 16 -page 24, line 8; figure 26 page 20, line 10-25; figure 23	1-4,7,8, 10-16, 19-25
Y		1,9
X	EP 0 617 527 A (NORTHERN TELECOM LTD) 28 September 1994 (1994-09-28)  abstract column 4, line 3 -column 5, line 7; figure 2  -/--	1-4,7,8, 14-16, 19,20,25

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 February 2002

Date of mailing of the international search report

25/02/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Riblet, P

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/12669

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 846 638 A (MEISSNER HELMUTH E) 8 December 1998 (1998-12-08) abstract	1,9
A	----- ZIRNGIBL M ET AL: "High performance, 12 frequency optical multichannel controller" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 30, no. 9, 29 April 1994 (1994-04-29), pages 700-701, XP006000489 ISSN: 0013-5194 the whole document	1-25
A	----- ISHII H ET AL: "ZERO INSERTION LOSS OPERATIONS IN MONOLITHICALLY INTEGRATED WDM CHANNEL SELECTORS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 11, no. 2, February 1999 (1999-02), pages 242-244, XP000803438 ISSN: 1041-1135 the whole document -----	1-25

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP 01/12669

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9942872	A	26-08-1999	GB 2334594 A	25-08-1999
			AU 2630599 A	06-09-1999
			CN 1297537 T	30-05-2001
			EP 1060424 A1	20-12-2000
			WO 9942872 A1	26-08-1999
			US 6339664 B1	15-01-2002
EP 0617527	A	28-09-1994	DE 69423994 D1	25-05-2000
			DE 69423994 T2	17-08-2000
			EP 0617527 A1	28-09-1994
			GB 2276787 A , B	05-10-1994
			JP 8125634 A	17-05-1996
			US 5452116 A	19-09-1995
US 5846638	A	08-12-1998	US 5441803 A	15-08-1995
			US 6025060 A	15-02-2000
			US 5563899 A	08-10-1996
			US 5852622 A	22-12-1998
			JP 2153849 A	13-06-1990

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/12669

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G02B6/293 //H04B10/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, PAJ, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 99 42872 A (FARJADY FARSHID ;FUJITSU TELECOMMUNICATIONS EUR (GB); PARKER MICHA) 26. August 1999 (1999-08-26) Zusammenfassung Seite 23, Zeile 16 -Seite 24, Zeile 8; Abbildung 26 Seite 20, Zeile 10-25; Abbildung 23	1-4, 7, 8, 10-16, 19-25
Y	---	1, 9
X	EP 0 617 527 A (NORTHERN TELECOM LTD) 28. September 1994 (1994-09-28)  Zusammenfassung Spalte 4, Zeile 3 -Spalte 5, Zeile 7; Abbildung 2  --- -/-	1-4, 7, 8, 14-16, 19, 20, 25

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Februar 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/02/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Riblet, P

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/12669

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 846 638 A (MEISSNER HELMUTH E) 8. Dezember 1998 (1998-12-08) Zusammenfassung ----	1,9
A	ZIRNGIBL M ET AL: "High performance, 12 frequency optical multichannel controller" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 30, Nr. 9, 29. April 1994 (1994-04-29), Seiten 700-701, XP006000489 ISSN: 0013-5194 das ganze Dokument ----	1-25
A	ISHII H ET AL: "ZERO INSERTION LOSS OPERATIONS IN MONOLITHICALLY INTEGRATED WDM CHANNEL SELECTORS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 11, Nr. 2, Februar 1999 (1999-02), Seiten 242-244, XP000803438 ISSN: 1041-1135 das ganze Dokument -----	1-25

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 01/12669

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9942872 A	26-08-1999	GB 2334594 A	25-08-1999
		AU 2630599 A	06-09-1999
		CN 1297537 T	30-05-2001
		EP 1060424 A1	20-12-2000
		WO 9942872 A1	26-08-1999
		US 6339664 B1	15-01-2002
EP 0617527 A	28-09-1994	DE 69423994 D1	25-05-2000
		DE 69423994 T2	17-08-2000
		EP 0617527 A1	28-09-1994
		GB 2276787 A ,B	05-10-1994
		JP 8125634 A	17-05-1996
		US 5452116 A	19-09-1995
US 5846638 A	08-12-1998	US 5441803 A	15-08-1995
		US 6025060 A	15-02-2000
		US 5563899 A	08-10-1996
		US 5852622 A	22-12-1998
		JP 2153849 A	13-06-1990